

学校编码: 10384

分类号_____密级_____

学 号: 200331019

UDC _____

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

粗集理论中的近似精确问题

Approximate Precision in Rough Set Theory

闾 勇

指导教师姓名: 吴顺祥 教 授

专 业 名 称: 系 统 工 程

论文提交日期: 2006 年 9 月

论文答辩时间: 2006 年 11 月

学位授予日期: 2006 年

答辩委员会主席: _____

评 阅 人: _____

2006 年 9 月

厦门大学学位论文原创性声明

兹提交的学位论文，是本人在导师指导下独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考的其它个人或集体的研究成果，均在文中以明确方式标明。本人依法享有和承担由此论文产生的权利和责任。

声明人（签名）： 阚 勇

2006 年 11 月 11 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人完全了解厦门大学有关保留、使用学位论文的规定。厦门大学有权保留并向国家主管部门或其指定机构送交论文的纸质版和电子版，有权将学位论文用于非赢利目的的少量复制并允许论文进入学校图书馆被查阅，有权将学位论文的内容编入有关数据库进行检索，有权将学位论文的标题和摘要汇编出版。保密的学位论文在解密后适用本规定。

本学位论文属于

1、保密（ ），在 年解密后适用本授权书。

2、不保密（☒）

（请在以上相应括号内打“☒”）

作者签名： 阚 勇 日期：2006 年 11 月 11 日

导师签名： 吴顺祥 日期：2006 年 11 月 11 日

摘 要

粗糙集理论是一种处理不精确、不确定性问题的新的数学工具。它建立在分类机制的基础上,将知识理解为人类对信息、数据的分类能力,用等价关系对空间进行划分,是一种处理不精确和不完备信息的软计算方法。它与其它处理不确定问题理论最大的区别就是它无需提供待处理数据之外的任何先验信息,所有计算都源自数据本身,对问题的描述和处理应当说是比较客观的。

粗糙集中的不精确性或不确定性产生的主要原因是由于边界的存在,当边界为空时知识是完全确定的,边界越大知识就越粗糙或越模糊,分类精度越低,越难得到确定的规则。因此,研究知识的边界问题是粗糙集理论中提高分类精度的根本问题。

本文主要围绕粗糙集的边界问题,通过引入内外边界及内外近似精确集的思想,结合模糊集理论、变精度理论、集对分析理论、灰色系统理论等对粗糙集分类的边界及近似精度进行了系统的分析,提出了几种切实可行的近似精确集模型和方法,对提高粗糙集分类精度做了一定的研究。

主要特色和创新点在于:结合内外边界的思想,提出了 R 近似精确集和 $[x]_R$ 类近似精确集的概念;针对粗糙集边界域在不同粒度下的情况,创新性地提出了粒化条件下的边界求和法及边界积分法;在借鉴王清印等人模糊灰集定义的基础上首次提出了边界模糊灰集和边界模糊灰数的概念,特别是用正面信息区间隶属度和反面信息区间隶属度来描述边界元素,是一个崭新的尝试;在模糊粗糙集中引入了粗隶属度的概念,建立了依参数 α 、 β 双参数的上下近似集双阈值模糊粗糙集模型,及依单参数 γ 的单阈值模糊粗糙集模型,对原有的模糊粗糙集模型作了一定的改进;通过引入多数包含关系,对 Ziarko 变精度粗糙集模型进行了进一步的完善;将变精度粗糙集与模糊粗糙集融合在一起,并结合实例阐述了变精度模糊粗糙集在近似精度分析方面的作用;在借鉴赵克勤的集对分析理论基础上,分别提出了基于同一度、对立度的一般相似关系下三参数控制的普通变精度集对粗糙集模型和属性客观权重分配下的加权变精度集对粗糙集模型,用于处理不完备信息系统具有非常好的效果,值得进一步深入研究。

关键词: 粗糙集 边界 近似精确 分类精度

Abstract

Rough Set theory is a new mathematical tool of dealing with imprecise, uncertain problems. It is based on class mechanism, regarding knowledge as the ability of classing information and data. It use the relationship of equivalence to plot space, it is a soft calculation method of dealing with imprecise and incomplete information. The most deference between rough set with other theories of dealing with uncertain problem is that it is no necessary to provide any transcendent information about the treating data; all calculation is from themselves, the description and dealing about the problems are very impersonality.

The main cause of the imprecision and uncertainty is the presentation of rough boundary, the knowledge is certain when the rough boundary is null, the more bigger of the rough boundary the more rough or fuzzy of the knowledge, the more lower of the class-precision, and the more difficult to find certain rules. Thus, it is an essential problem to improve the class-precision in rough set of studying the knowledge boundary.

In this paper, the author analyzed the approximate class-precision and boundary in rough set systemically, via introducing the thought of inner & outer boundaries and inner & outer approximate definable sets, combining rough set with fuzzy set, variable precision theory, set pair analysis (SPA), grey system theory, put forward some feasible models and ways, did some work on improving class-precision in rough set.

Main feature and innovation is consisting of:

Put forward the conceptions of R-approximate definable set and R-children approximate definable set by dint of the idea of inner & outer boundary. Aim at the conditions in different granularity of Rough Set's boundary, putting forward the ways of sum and integral based on rough boundary in the condition of granulating innovatively. Brought forward the conceptions of border fuzzy grey set and border fuzzy grey number firstly use the define of fuzzy grey set of Wandqingyin for reference. Especially, the author used positive side information interval membership degree and negative side information interval membership degree to describe the boundary element; it is a brand new attempt. Through introducing the conception of rough membership degree, the author constructed the models of double parameter fuzzy rough set and single parameter fuzzy rough set, thus improved the old models. Perfected Ziarko's variable precision rough set through introducing majority-inclusion relation. Combined variable precision rough set with fuzzy rough set, and expounded the use on analyzing the approximate precision of variable precision fuzzy rough set by dint of an example. By use of zhaokeqin's set pair analysis theory, brought forward two new models: one is popular set pair

analysis variable precision rough set based on the same degree, opposite degree and three parameters' control of the general similitude relation, the other is weighted set pair analysis variable precision rough set based on impersonal weights allocation of the attributes, these two models show great effect on dealing with incomplete system, and it worth research more deeply.

Key Words: Rough Set; Boundary; Approximate precision; Class precision

Notes: This project is supported By Fujian province education Development Fund (JA05290)

目 录

第一章 绪 论.....	1
1.1 粗糙集理论发展的历史和现状.....	1
1.2 本文研究的意义与内容组织.....	2
1.2.1 本文研究的背景与意义.....	2
1.2.2 本文的主要工作与结构安排.....	3
第二章 粗糙集与灰色系统基本理论.....	5
2.1 粗糙集的基本知识.....	5
2.1.1 知识与知识库.....	5
2.1.2 不精确范畴, 近似与粗糙集.....	6
2.1.3 知识约简.....	10
2.1.4 知识的依赖性.....	11
2.1.5 知识表达系统.....	11
2.1.6 决策表.....	11
2.2 灰色系统理论的基本概念.....	12
2.2.1 灰数.....	11
2.2.2 区间灰数的运算.....	11
2.2.3 灰数白化.....	11
2.2.4 灰生成.....	11
2.3 近似精确问题.....	15
2.4 小结.....	15
第三章 粗集中的边界问题.....	16
3.1 内外边界.....	16
3.2 近似精确集.....	17
3.2.1 R 近似精确集.....	17
3.2.2 $[x]_R$ 类近似精确集.....	20
3.2.3 几种近似精确集的比较.....	23
3.3 粗糙集的边界处理.....	24
3.3.1 边界元素的粒化与归类.....	24
3.3.2 边界模糊灰集及其白化处理方法.....	28

3.4 小结	30
第四章 基于边界的近似精度模型研究	31
4.1 模糊隶属度模型	31
4.1.1 模糊集的基本概念	31
4.1.2 模糊粗糙集模型	32
4.1.3 基于粗糙隶属度的模糊粗糙集	33
4.2 基于多数包含度的变精度粗糙集模型	36
4.2.1 多数包含关系	37
4.2.2 变精度模型中的近似集	37
4.3 变精度模糊粗糙集模型	40
4.4 基于 α β 相似关系的变精度集对粗糙集模型	43
4.4.1 普通变精度集对粗糙集模型	43
4.4.2 加权变精度集对粗糙集模型	47
4.5 小结	50
第五章 总结与展望	52
5.1 论文工作小结	52
5.2 研究工作展望	52
参考文献	54
致 谢	56

Contents

Chapter 1 Introduction	1
1.1 The development and status of rough set	1
1.2 The meaning and contents of the paper	2
1.2.1 The meaning and background of the paper	2
1.2.2 The main Studies and frame of the paper	3
Chapter 2 Basic knowledge of rough set and grey system theory	5
2.1 The basic knowledge of rough set	5
2.1.1 Knowledge and repository	5
2.1.2 Imprecise category, approximation and rough set	6
2.1.3 Knowledge reduction	10
2.1.4 Knowledge dependence	11
2.1.5 Knowledge expression system	11
2.1.6 Decision Table	11
2.2 Basic conception of grey system theory	12
2.2.1 Grey number	11
2.2.2 Interval grey number operation	11
2.2.3 Grey number whitening method	11
2.2.4 Grey reduction algorithm	11
2.3 Approximate Precise Problem	15
2.4 Summary	15
Chapter 3 R-boundary in rough set	16
3.1 Inner & Outer boundary	16
3.2 Approximate definable sets	17
3.2.1 R -approximate definable sets	17
3.2.2 $[x]_R$ class-approximate definable sets	20
3.2.3 The comparison of the approximate definable sets	23
3.3 Dealing with the boundary in rough set	24
3.3.1 Boundary element's granularity and class	24
3.3.2 Fuzzy grey set based boundary and its whiten method	28
3.4 Summary	30
Chapter 4 Research about the approximate precision models of rough set's boundary	31

4.1 Fuzzy rough membership degree model	31
4.1.1 The basic conception of fuzzy set	31
4.1.2 Fuzzy rough set model	32
4.1.3 Fuzzy rough set based on rough membership degree	33
4.2 Variable precision rough set based on major inclusion	36
4.2.1 Major Inclusion	37
4.2.2 Approximate Definable Sets of variable precision mModel.....	37
4.3 Variable Precision fuzzy rough set model	40
4.4 Set pair analysis variable precision rough set based on α & β.....	43
4.4.1 Popular set pair analysis variable precision rough set.....	43
4.4.2 Weighted set pair analysis variable precision rough set.....	47
4.5 Summary	50
Chapter 5 Conclusions and prospects	52
5.1 Conclusions of the article.....	50
5.2 Prospects of the studies	50
References	54
Acknowledgement.....	56

第一章 绪 论

1.1 粗糙集理论发展的历史和现状

在自然科学、社会科学等许多学科领域中，我们常常都会不同程度地涉及到对不确定性和对不完备信息的处理。从现实中采集到的数据常常存在噪声、数据缺失、不一致等问题，如仅采用纯数学方法来处理，效果往往不理想。多年来，研究人员一直在努力寻找科学地处理不完整性和不确定性问题的有效途径。模糊集理论和基于概率统计的证据理论在处理这类不确定信息方面已取得一定成效，但他们往往需要一些数据的附加信息或是先验知识，给问题的处理带来了一定的困难。粗糙集理论的出现，为解决这些问题提供了强有力的数学工具。

粗糙集理论作为一种处理不精确、不确定与不完全数据的新的数学理论，最初是在 1982 年，由波兰学者 Z.Pawlak 提出来的^[2]。其经典论文 *Rough Sets*^[2]，宣告了粗糙集理论的诞生。由于最初的研究理论大多是以波兰文发表的，因此当时并未引起国际计算机界和数学界的重视，研究的地域也仅限于东欧一些国家。直到 1990 年前后，由于该理论在数据的决策与分析、模式识别、机器学习与知识发现等方面的成功应用，才逐渐引起了世界各国学者的广泛关注。1991 年，Z.Pawlak 的专著“*Rough Sets—Theoretical Aspects of Reasoning about Data*”^[53]的问世，标志着粗糙集理论及其应用的研究进入了活跃时期。1992 年在波兰 Kiekrz 召开了关于粗糙集理论的第一届国际学术会议，着重讨论了粗糙集的基本思想。1993 年在加拿大 Banff 召开了第 2 届国际粗糙集与知识发现(RSD'93)研讨会，极大地推动了国际上对粗糙集理论与应用的研究。1995 年召开的第 4 届模糊理论与技术国际研讨会(Fuzzy Theory & Technology'95)上，针对粗糙集与模糊集的基本观点与相互关系展开了激烈的讨论，较大地促进了粗糙集的研究。同年，ACM Communication 将粗糙集列为新浮现的计算机科学的研究课题。1996 年在日本东京召开了第 5 届国际粗糙集研讨会，这是第一次在亚洲地区召开的范围广泛的粗糙集研讨会。2005 年在加拿大 Regina 大学召开了第十届粗糙集，模糊集和粒计算国际学术研讨会(RSFDGrC'2005)。

粗糙集理论的研究在中国也得到了较快的发展，从 2001 年在重庆召开“第 1 届中国 Rough 集与软计算学术研讨会”^[55]，至今已连续召开了五届。2003 年 10 月在重庆举办“第 9 届粗糙集、模糊集、数据挖掘和粒度-软计算的国际会议”。从事粗糙集理论研

究的队伍不断壮大，研究的深度和广度已有了较大的提高。

粗糙集理论是建立在分类机制的基础上的，它将知识理解为人类对信息、数据的分类的能力，用等价关系对空间进行划分，是一种处理不精确和不完备信息的软计算方法。其主要思想就是利用已知的知识库，将随机的、不确定的数据用知识库中的知识来近似表达。它与其它处理不确定问题理论最大的区别就是它无需提供待处理数据之外的任何先验信息，所有计算都源自数据本身，对问题的描述和处理应当说是比较客观的。

由于粗糙集理论诞生的历史较短，至今为止对其概念的定义都还没有完全统一。一种是以经典 Pawlak 意义下上下近似集来命名的，另一种是以上下近似所构成的区间来定义，二者研究的侧重点稍有不同。

目前，粗糙集理论的研究已渗透到模糊集理论、概率统计、神经网络、信息论、证据理论及灰色系统理论等各个学科，并被广泛应用到机器学习、辅助决策、过程控制、模式识别与数据挖掘等领域。

1.2 本文研究的意义与内容组织

1.2.1 本文研究的背景与意义

在日常现实生活中，我们大家都会接触和获得大量的信息，而这些信息其不确定性是绝对的，其确定性只是相对的。之所以说信息是确定的，是因为我们在作出决策之前都会权衡考虑，去除不确定因素，作出确定、正确的决策。而不确定的信息则会随着人们认知的扩大逐渐转化为确定的信息。即信息的确定与否实质是一个认知程度和知识分类能力的问题。

同样，在自然科学、社会科学和工程技术等很多领域中，也都不同程度地涉及到对不确定因素和对不完备信息的处理。特别是进入信息时代后，产生和收集数据与信息能力的大大提高，使得各个领域的数据与信息量剧增，同时由于客观条件的限制和人类的主观参与，使得数据与信息的不精确、不确定、不完整和模糊性等问题更为突出，也更加复杂。

1982 年，由波兰学者 Z.Pawlak 提出来的粗糙集（Rough Set）理论是一种处理不确定性信息的有效工具，它将知识理解为人类对信息、数据的分类的能力，用等价关系对空间进行划分，由于它在知识分类时不需要其它先验知识，比较客观公正，因而在处理不确定性、不完备信息方面取得了前所未有的突破。

经过二十多年的发展，粗糙集理论已日渐成熟，并开始和模糊集理论、概率统计、

信息论、神经网络、证据理论等多学科融合,取得了重大的研究成果。但仔细分析其发展历史和趋势,其研究方向主要集中在粗集的数学性质、属性的离散化、核与约简的求取、粗集模型的拓广等方面,而对其至关重要的分类精度和边界方面的研究却非常少,既使有也大多仅仅停留在简单的定性分析上。粗集对知识的分类本身是客观的,它无需额外的先验信息,这也正是它最大的优点,但由于边界域的存在,使得它的分类精度受到限制,而要突破这种限制就必须真正认识、理解知识边界的成因,从根本上解决分类精度不理想的问题。现今粗糙集和其它许多学科的相互渗透研究也已取得了非常多的成果,如模糊粗糙集的研究,变精度粗糙集的研究,灰色系统理论与粗糙集的结合研究等,所有这些成果都为我们进行粗糙集的边界处理和近似精度分析提供了可能。

1.2.2 本文的主要工作与结构安排

粗糙集理论是一种处理不完备、不确定性信息的新的数学工具,它建立在分类机制的基础上,它在处理数据时是比较客观、公正的,但由于边界域的存在,使得分类精度降低,难以得到确定的规则。因此,本文主要围绕粗糙集的边界问题,通过引入内外边界及内外近似精确集的思想,结合模糊集理论、变精度理论、集对分析理论、灰色系统理论等对粗集分类的边界及近似精度进行了系统的分析,提出了几种切实可行的近似精确集模型和方法,对提高粗糙集分类精度做了一定的研究。

本文主要工作如下:

- (1) 结合内外边界的思想,提出了 R 近似精确集和 $[x]_R$ 类近似精确集的概念,并定义了相对近似精确集和绝对近似精确集两种 R 近似精确集。
- (2) 针对粗糙集边界域在不同粒度下的情况,创新性地提出了粒化条件下的边界求和法及边界积分法,并举例说明其具体算法。
- (3) 在借鉴王清印等人模糊灰集定义的基础上提出了边界模糊灰集和边界模糊灰数的概念,并用正面信息区间隶属度和反面信息区间隶属度来描述边界模糊灰数,给出了边界白化处理的方法。
- (4) 在模糊粗糙集中引入了粗隶属度的概念,建立了依参数 α 、 β 双参数的上下近似集双阈值模糊粗糙集模型,及依单参数 γ 的单阈值模糊粗糙集模型,并结合实例具体说明在 α 、 β 双参数近似集模型和 γ 单参数近似集模型下粗集分类的近似精度及近似精度与 α 、 β 、 γ 参数的变化关系。
- (5) 在 Ziarko 提出的变精度粗集模型基础上通过引入多数包含关系,建立了新的

变精度近似集模型，分析了分类精度与多数包含度 β 的关系，给出了根据分类精度要求（精度阈值 α_1 ）确定 β 取值范围的算法。

(6) 将变精度粗糙集与模糊粗糙集融合在一起，引入基于多数包含度的变精度模糊粗糙集模型，结合实例介绍了具体算法。

(7) 在借鉴赵克勤的集对分析理论基础上，分别提出了基于同一度、对立度下的一般意义下的集对相似关系，建立了 α 、 β 、 γ 三参数控制下的普通变精度集对粗糙模型；在计算各属性的客观权重的基础上重新构建新的加权条件下的集对相似关系，建立了属性权重分配下的加权变精度集对粗糙模型。

本论文共由五部分组成：

第一章 介绍了粗糙集理论的发展历史和现状，本文的研究背景与意义，论文的主要内容提与结构安排；

第二章 本章主要介绍了粗糙集理论和灰色系统理论的基本知识，并提出了粗糙集分类的精度问题，即近似精确问题；

第三章 重点对粗糙集的边界域进行了系统的分析，将边界域分为内边界和外边界，针对内外边界各自的特点，分别定义了相对近似内（外）精确集和绝对近似内（外）精确集两种近似精确集，并提出了边界元素的粒化归类、边界模糊灰集及其白化处理方法两种边界元素处理方法。

第四章 本章主要围绕粗糙集的边界问题就如何提高粗糙集分类的近似精度，分别将粗糙集理论与模糊集理论、变精度理论、集对分析理论等多种处理不确定性知识的理论结合，构建了粗隶属度模型、基于多数包含的变精度粗糙模型、变精度模糊粗糙集模型、基于集对关系的变精度近似集模型，并详细分析了它们在提高分类精度方面的作用。

第五章 对本文研究工作进行了总结，并提出了下一步研究方向。

第二章 粗糙集与灰色系统基本理论

2.1 粗糙集^[1, 2, 20]的基本知识

2.1.1 知识与知识库

假设 $U \neq \emptyset$ 是我们感兴趣的对象组成的有限集合，称为论域。任何子集 $X \subseteq U$ ，称为 U 中的一个概念或范畴。为了规范化，我们认为空集也是一个概念。 U 中的任何概念族称为关于 U 的抽象知识，简称知识。对于 $i \neq j$ ， $i, j = 1, 2, \dots, n$ ，如果 $X_i \subseteq U, X_i \neq \emptyset, X_i \cap X_j = \emptyset$ ，且 $\bigcup_{i=1}^n X_i = U$ ，则定义 $\Psi = \{X_1, X_2, \dots, X_n\}$ 为 U 上的一个划分。

U 上的一族划分称为关于 U 的一个知识库 (knowledge base)。

假设 R 为 U 上的一个等价关系， U/R 表示 R 的所有等价类 (或是 U 上的分类) 构成的集合， $[x]_R$ 表示包含元素 $x \in U$ 的 R 等价类。一个知识库就是一个关系系统 $K = (U, R)$ ，其中 U 为非空有限集，称为论域， R 是 U 上的一族等价关系。

若 $P \subseteq R$ ，且 $P \neq \emptyset$ ，则 $\bigcap P$ (P 中所有等价关系的交集) 也是一个等价关系，称之为 P 上的不可分辨 (indiscernibility) 关系，记为 $ind(P)$ ，且有：

$$[x]_{ind(P)} = \bigcap_{R \in P} [x]_R$$

这样， $U/ind(P)$ (既等价关系 $ind(P)$ 的所有等价类) 表示与等价关系族 P 相关的知识，称为 K 中关于 U 的 P 基本知识 (P 基本集)。为了简单起见，我们用 U/P 代替 $U/ind(p)$ ， $ind(P)$ 的等价类称为知识 P 的基本概念或基本范畴。特别地， $Q \in R$ ，则称 Q 为 K 中关于 U 的 Q 基本知识， Q 的等价类为知识 R 的 Q 初等概念或 Q 初等范畴。

事实上， P 基本范畴是拥有知识 P 的论域的基本特性，换句话说，他们是知识的基本模块。同样，我们可以定义：当 $K = (U, R)$ 为一个知识库， $ind(K)$ 定义为 K 中所有等价关系的族，记做： $ind(K) = \{ind(P) | \emptyset \neq P \subseteq R\}$ 。

下面讨论两个知识库之间的关系。

设 $K = (U, P)$ 与 $K' = (U, Q)$ 为两个知识库。如果 $ind(P) = ind(Q)$ ，即 $U/P = U/Q$ ，则称知识库 K 和 K' (P 和 Q) 是等价的，记作 $K \sim K' (P \sim Q)$ 。因此，当 K 和 K' 有同样的基本范畴时，知识库 K 和 K' 中的知识都能使我们确切地表达关于论域的完全相同的事实。这个概念意味着可以用不同的属性集对对象进行描述，以表达关于论域的完全相

同的事实。

对于 K 和 K' 两个知识库, 当 $ind(P) \subset ind(Q)$ 时, 我们称知识 P (知识库 K) 比知识 Q (知识库 K') 更精细, 或者说 Q 比 P 粗糙。当 P 比 Q 更精细时, 我们也称 P 为 Q 的特化, Q 为 P 的泛化。

2.1.2 不精确范畴, 近似与粗糙集

令 $X \subseteq U$, 且 R 为一等价关系。当 X 能表达成某些 R 基本范畴的并时, 称 X 是 R 可定义的, 否则 X 为 R 不可定义的。

R 可定义集是论域的子集, 它可在知识库 K 中被精确的定义, 而 R 不可定义集不能在这个知识库中被定义。 R 可定义集也称为 R 精确集, 而 R 不可定义集也称为 R 非精确集或 R 粗糙集(rough set)。

当存在等价关系 $R \in ind(K)$ 且 X 为 R 精确集时, 集合 $X \subseteq U$ 称为 K 中的精确集; 当对于任何 $R \in ind(K)$, X 为 R 粗糙集, 则 X 称为 K 中的粗糙集。

粗糙集可以近似地定义, 通常使用两个精确集, 即粗糙集的上近似(upper approximation)和下近似(lower approximation)来描述。

给定知识库 $K = (U, R)$, 对于每个子集 $X \subseteq U$ 和一个等价关系 $R \in ind(K)$, 定义两个子集:

$$\underline{RX} = U \{Y \in U / R \mid Y \subseteq X\} = \{x \in U \mid [x]_R \subseteq X\}$$

$$\overline{RX} = U \{Y \in U / R \mid Y \cap X \neq \emptyset\} = \{x \in U \mid [x]_R \cap X \neq \emptyset\}$$

分别称为 X 的 R 下近似集和 R 上近似集。

$$\text{边界域} \quad bn_R(X) = \overline{RX} - \underline{RX}$$

$$\text{正域} \quad pos_R(X) = \underline{RX}$$

$$\text{负域} \quad neg_R(X) = U - \overline{RX}$$

\underline{RX} 或 $pos_R(X)$ 是由那些根据知识 R 判断肯定属于 X 的 U 中的元素组成的集合; \overline{RX} 是那些根据知识 R 判断可能属于 X 的 U 中的元素组成的集合; $bn_R(X)$ 是那些根据知识 R 既不能判断肯定属于 X 又不能判断肯定属于: X 的 U 中的元素组成的集合; $neg_R(X)$ 是由那些根据知识 R 判断肯定不属于 X 的 U 中的元素组成的集合。

从近似的定义, 可得下列性质:

定理 2.1

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库